

PENYISIHAN ION LOGAM MERKURI (Hg^{2+}) MENGGUNAKAN ADSORBEN BERBAHAN BAKU LIMBAH PERTANIAN DAN GULMA TANAMAN

MERCURY ION REMOVAL USING ADSORBENTS BASED BIOMASS FROM AGRICULTURAL WASTE AND WEED PLANT

Miftahurrahmah¹, Suhendrayatna^{2*}, Muhammad Zaki²

¹Program Studi Magister Teknik Kimia, Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala,

Jalan Tgk. Syech Abdurrauf No. 7A, Kopelma Darussalam Banda Aceh, Indonesia, 23111

*Email: suhendrayatna@unsyiah.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mempersiapkan adsorben berbahan baku limbah pertanian dan gulma tanaman untuk menyisihkan ion logam Hg^{2+} dari permukaan air. Biomass eceng gondok (limbah pertanian) dan sekam padi (gulma tanaman) dibersihkan, dikeringkan dalam *oven dryer*, dan dikarbonisasikan pada *furnace* dengan suhu 500°C selama 2 jam. Karbon hasil pengeringan dihancurkan hingga mendapatkan ukuran 100 mesh dan dilanjutkan proses aktivasi menggunakan 0,5 N NaOH. Proses penyerapan dilakukan dengan mencampurkan 1 gram adsorben pada 100 ml sampel air yang mengandung 3 ppm ion logam Hg^{2+} diikuti dengan pengadukan 100 rpm, pH 5, dan suhu 30°C . Konsentrasi Hg^{2+} pada permukaan air dianalisa dengan menggunakan AAS, *Shimadzu AA-6300* setiap selang waktu tertentu dalam periode 20 – 100 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan adsorben dari sekam padi mampu menurunkan konsentrasi Hg^{2+} sebesar 69,91% selama 20 menit, sedangkan adsorben dari eceng gondok pada awal proses mampu menurunkan konsentrasi Hg^{2+} mencapai 94,26%. Hasil karakterisasi FTIR dan SEM menunjukkan bahwa adsorben dari eceng gondok mampu menyerap ion logam Hg^{2+} lebih banyak dalam waktu singkat karena mempunyai gugus fungsi yang mampu mengikat logam berat dan juga mempunyai struktur permukaan acak, dibandingkan dengan adsorben dari sekam padi yang gugus fungsinya lebih sedikit dengan struktur morfologinya yang beraturan.

Kata kunci: adsorpsi, merkuri, adsorben, limbah pertanian dan gulma tanaman

Abstract

This research was conducted to prepare adsorbents from agricultural and weeds waste biomass to remove Hg^{2+} metal ions from water phase. Water hyacinth biomass (agricultural waste) and rice husk (weed) was cleaned, dried in an oven dryer, and carbonized in a furnace at 500°C for 2 hours. Then, dried carbon was milled to get 100 mesh of size and was followed by activation using 0.5 N NaOH. The adsorption process was conducted by mix 1 gram of activated adsorbent on a 100 ml water containing 3 ppm Hg^{2+} metal ions at 100 rpm, pH 5, and 30°C . Hg^{2+} concentration in water phase were analyzed using AAS, Shimadzu AA-6300 for a specified time within a period of 20-100 minutes. This study shows that at the beginning process of adsorption, adsorbent from rice husk has ability to decrease 69.91% concentration of Hg^{2+} for 20 minutes, while adsorbent from water hyacinth reaches to 94.26%. The characterization results of FTIR spectra and SEM shows that adsorbent from water hyacinth was able to absorb more Hg^{2+} metal ions in a short time because it has a functional group that was able to bind heavy metals, and also has a random surface structure, compared with the adsorbent from rice husks that has less functional groups with uniform morphology structure.

Keywords: adsorptions, mercury Hg^{2+} , adsorbent, agricultural and weeds waste

Pendahuluan

Lingkungan hidup dikategorikan sebagai daerah tercemar jika terjadi perubahan standar baku mutu lingkungan meliputi air, tanah dan udara. Hal ini dapat terjadi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kegiatan penambangan. Kegiatan penambangan menghasilkan limbah buangan yang mengandung logam berat seperti Cu, Zn, Pb, dan Hg yang dialirkan ke lingkungan perairan [5].

Limbah merkuri yang tercemar pada air terbuka akan membahayakan masyarakat sekitarnya jika tidak dilakukan penanganan khusus pengolahan limbah berbahaya. Metode adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan konvensional terbaik dan sangat umum untuk pengolahan limbah organik dan anorganik [5,8] juga sangat mudah dalam rekonstruksi, operasi bahkan pemeliharaannya [9,12] dengan biaya operasi yang relatif murah. Penggunaan karbon aktif sebagai adsorben dengan kapasitas penyerapan yang tinggi dan maksimal akan

membutuhkan biaya yang tinggi pula untuk tahap persiapannya [6].

Pemanfaatan limbah pertanian yang digunakan sebagai bahan baku adsorben dapat mengurangi biaya pengolahan limbah, seperti limbah serabut kelapa, ampas kelapa, limbah jerami padi, sekam padi dan limbah pertanian lainnya [3,4,10]. Beberapa peneliti melaporkan bahwa eceng gondok kering mampu menyerap logam Pb^{2+} [7] dan secara fitoremediasi eceng gondok mampu mengabsorpsi logam Hg^{2+} [11]. Demikian pula halnya dengan sekam padi secara yang mampu menyerap logam berat seperti Pb^{2+} [1], Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} [2], dan beberapa logam berat yang lain. Dalam studi ini, Tim Peneliti melaporkan hasil uji adsorben yang dipersiapkan dari eceng gondok (limbah pertanian) dan sekam padi (gulma tanaman) untuk menyerap ion merkuri (Hg^{2+}) dari fasa cair, sehingga diperoleh data perbandingan untuk adsorben dari eceng gondok dan sekam padi berdasarkan karakteristik gugus fungsi dan hasil analisa SEM dari masing-masing adsorben tersebut.

Metodologi Penelitian

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi Biomassa (eceng gondok dan sekam padi) yang diperoleh dari rawa daerah Lamgugop di Banda Aceh. Semua bahan kimia yang digunakan merupakan bahan murni yang diperoleh secara komersial dari Wako Ltd. Peralatan utama yang digunakan meliputi *Muffle Furnace* (*Line Thermolyne*, model: FB1410M-33 at 1100°C), *oven dryer* (*Memmert*), timbangan digital (*Ohaus*), pH meter (*Oreon*), AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*; *Shimadzu AA-6300*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*; *Shimadzu IR Prestige 21*).

Variabel tetap terdiri dari temperatur pengeringan biomassa (110 °C), volume NaOH 0,5 N (500 mL), kecepatan pengadukan (100 rpm), temperatur adsorpsi (30 °C), dan ukuran partikel biomassa (<100 mesh), konsentrasi Hg^{2+} 3 ppm, dan pH 5 selama 100 menit proses adsorpsi. Peneliti meninjau karakteristik morfologi adsorben tunggal dengan kondisi adsorpsi pada pH asam yang baik untuk penyerapan ion logam [2]. Variabel berubahnya adalah adsorben dari eceng gondok dan sekam padi.

Preparasi Aktivasi Biomassa

Eceng gondok dan sekam padi yang digunakan dikumpulkan, dicuci dengan aquades, dan direndam selama 1 jam. Biomass selanjutnya dikeringkan menggunakan *oven dryer* hingga berat konstan dan diikuti dengan proses karbonisasi pada suhu 500°C menggunakan *furnace* selama 2 jam. Karbon yang dihasilkan dihancurkan hingga

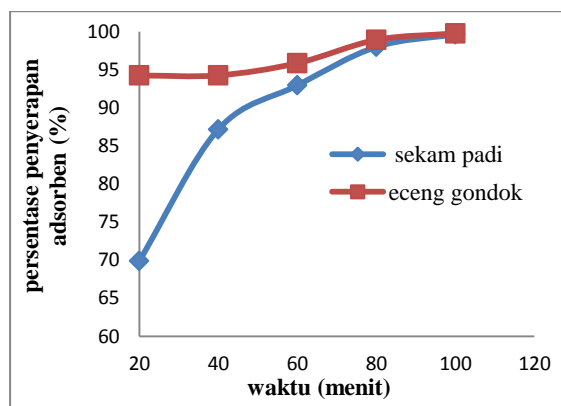
mendapatkan ukuran 100 mesh dan dilanjutkan proses aktivasi menggunakan 0,5 N NaOH dengan kecepatan 100 rpm selama 1 jam pada suhu ruangan. Setelah proses aktivasi, adsorben dicuci dengan aquades hingga pH 7 (netral), disaring menggunakan kertas saring, dan dikeringkan menggunakan *oven dryer* hingga beratnya konstan.

Proses Penyerapan

Proses penyerapan dilakukan dengan mencampurkan 1 gram adsorben pada 100 ml sampel air yang mengandung 3 ppm ion logam Hg^{2+} diikuti dengan pengadukan 100 rpm, pH 5, dan suhu 30°C. Konsentrasi Hg^{2+} pada permukaan air dianalisa dengan menggunakan AAS, *Shimadzu AA-6300* setiap selang waktu tertentu dalam periode 20 – 100 menit.

Hasil

Penyerapan ion Hg^{2+} oleh sekam padi dan eceng gondok



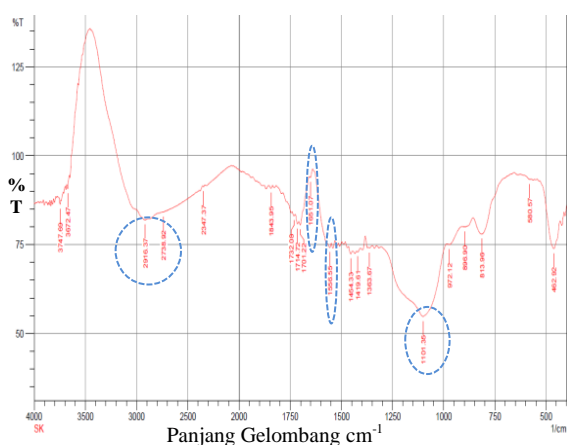
Gambar 1. Pengaruh Biomassa adsorben Terhadap Konsentrasi Hg, kondisi awal 3,2 ppm, pH 5, dan adsorben 1 gram

Proses penyerapan dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorben menghilangkan ion logam Hg^{2+} , hasil penelitian (Gambar 1) menunjukkan bahwa kemampuan adsorben dari sekam padi menurunkan konsentrasi Hg^{2+} sebesar 69,91% selama 20 menit, sedangkan adsorben dari eceng gondok pada awal proses mampu menurunkan konsentrasi Hg^{2+} yang terlarut dalam air mencapai 94,26%. Pada menit ke-60, penyerapan oleh sekam padi meningkat hingga 92,96%, dan pada menit ke-80 penyerapan semakin meningkat hingga 98,02%. Pada menit ke-100 penyerapan Hg^{2+} oleh adsorben dari sekam padi mencapai 99,67% dan adsorben dari eceng gondok 99,79%. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan adsorben dari sekam padi membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan adsorben dari eceng gondok, sedangkan waktu yang lama akan meningkatkan biaya pengoperasiannya. Hasil ini menunjukkan bahwa

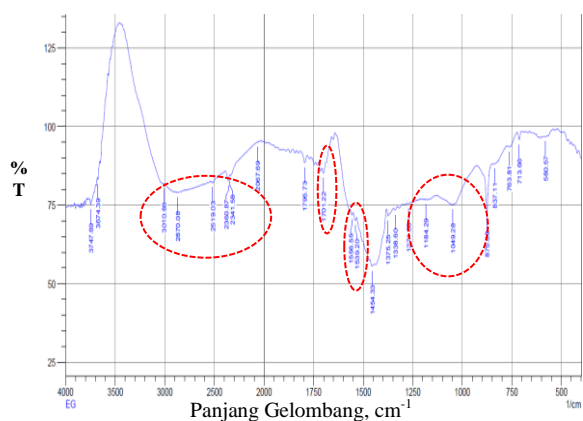
adsorben dari eceng gondok lebih baik dalam penyerapan Hg^{2+} dibandingkan dengan adsorben dari sekam padi.

Karakterisasi Gugus Fungsi Adsorben menggunakan Analisis FTIR

Gambar 2 menunjukkan hasil analisis FTIR terhadap adsorben dari sekam padi dengan gugus C-H aldehid pada serapan $2916,37\text{ cm}^{-1}$ dan $2738,92\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan ikatan karboksilat medium. Pada gelombang $1651,07\text{ cm}^{-1}$ membentuk gugus C=C dengan intensitas medium *rocking*. Selain itu juga terlihat gelombang dengan ikatan gugus C-C pada $1101,35\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas sangat kecil.



Gambar 2. Hasil analisa gugus fungsi dengan FTIR untuk adsorben dari sekam padi



Gambar 3. Hasil analisa gugus fungsi dengan FTIR untuk adsorben dari eceng gondok

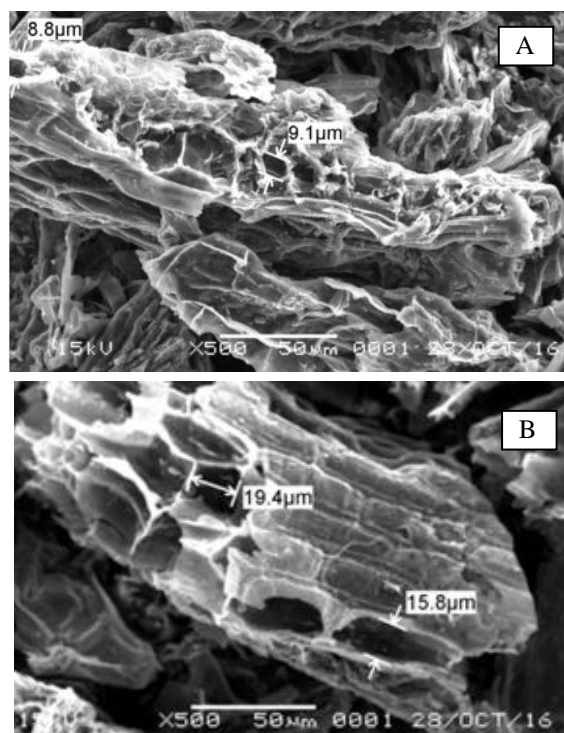
Hasil analisis FTIR terhadap adsorben dari eceng gondok (Gambar 3) terlihat jelas adanya gugus karboksilat, diantaranya pada kisaran $2400\text{--}3400\text{ cm}^{-1}$. Terdapat 5 *peak* dengan intensitas kecil yaitu: $3010,88$; $2870,08$; $2519,03$; $2360,87$; $2341,58\text{ cm}^{-1}$. Pada gelombang $1701,22\text{ cm}^{-1}$ juga terlihat

asam karboksilat, C=C dengan intensitas medium asimetris. Selain itu ikatan C-C juga terbentuk pada serapan $1300\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ yang terdapat 3 *peak* antara lain pada $1271,09$; $1184,29$; $1049,28\text{ cm}^{-1}$. Ikatan aromatik C=C juga ditemukan pada panjang gelombang $1556,55$ dan $1539,20\text{ cm}^{-1}$.

Secara keseluruhan gambaran keduanya terlihat serupa, namun kedua adsorben mempunyai serapan yang berbeda. Berdasarkan gambaran *peak* eceng gondok, dapat diketahui bahwa eceng gondok mempunyai unsur karbon yang lebih banyak dibandingkan dengan sekam padi. Hasil spektra FTIR tersebut menunjukkan bahwa eceng gondok mempunyai gugus fungsi amino lebih banyak sehingga berpotensi besar untuk mampu menyerap logam merkuri lebih banyak dibandingkan sekam padi.

Karakterisasi Adsorben menggunakan Analisis SEM

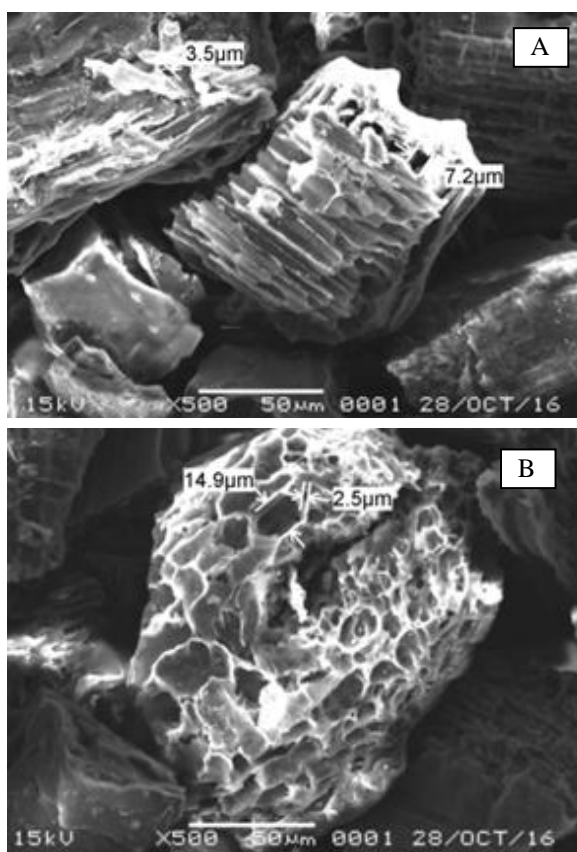
Gambar 4(a) menunjukkan penampakan random adsorben dari eceng gondok yang menampilkan struktur morfologi acak, sebagian berbentuk selindur tabung, dan sebagian berbentuk tidak beraturan. Pada Gambar 4(b) terlihat hanya sedikit permukaan yang kosong dengan ukurannya yang membesar. Hal itu terjadi karena permukaan adsorben telah tertutup oleh ion logam Hg^{2+} dari larutan.



Gambar 4. Adsorben dari eceng gondok (a) sebelum adsorpsi (b) sesudah adsorpsi

Pada Gambar 5(a) dapat dilihat bahwa adsorben berbahan baku sekam padi memiliki

struktur morfologi berbentuk selinder dan relatif seragam. Hasil analisa dengan SEM menunjukkan bahwa permukaan adsorben dari sekam padi berserat, berpori, tidak teratur, mempunyai struktur poros berbeda-beda, dan karakteristik ini dapat menjadi kondisi optimal dalam penyerapan ion logam Hg^{2+} . Berdasarkan hasil adsorpsi yang dilakukan dan pengamatan karakteristik adsorben disimpulkan bahwa eceng gondok mampu menyerap ion logam Hg^{2+} lebih banyak dalam waktu singkat karena memiliki gugus fungsi yang mampu mengikat ion logam Hg^{2+} , dan juga mempunyai struktur permukaan yang acak dibandingkan dengan adsorben sekam padi yang memiliki gugus fungsi lebih sedikit dengan struktur morfologinya yang beraturan.



Gambar 5. Adsorben dari sekam padi (a) sebelum adsorpsi (b) sesudah adsorpsi

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Eceng gondok memiliki gugus karboksilat lebih banyak dibandingkan sekam padi;
2. Eceng gondok memiliki struktur morfologi acak, sedangkan sekam padi memiliki struktur seragam; dan
3. Hasil proses adsorpsi menunjukkan bahwa eceng gondok lebih banyak menyerap ion logam Hg^{2+} dibandingkan dengan sekam padi.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Syiah Kuala yang telah membiayai sepenuhnya penelitian ini sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Nomor : 1713/UN11/SP/PNBP/2016 Tahun 2016.

Daftar Pustaka

- [1] Abdurrahman, Suhendrayatna, D.S., Syahiddin (2016). Pengaruh Aktivasi Adsorben Biomassa Terhadap Gugus Hidroksil Pada Proses Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb). Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 5, No. 3 (September 2016), pp. 7-11.
- [2] A. K. Giri, R. Patel, and S. Mandal, Removal of Cr(VI) from aqueous solution by *Eichhornia crassipes* root biomass-derived activated carbon, *Chem. Eng. J.*, 185, (2012) 71–81.
- [3] A. Bhatnagar, V.J.P. Vilar, C.M.S. Botelho, and R.A.R. Boaventura, Coconut-based Biosorbents For Water Treatment; a review of the recent literature. *Advances in Colloid and Interface Science*, 160(1-2), (2010) 1–15.
- [4] A. Dada, A. Olalekan, A. Olatunya, and O. Dada, Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin – Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn^{2+} Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 3(1), (2012) 38–45.
- [5] Darmono, Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam, Penerbit Universitas Indonesia Press. Jakarta, 2001, p. 46.
- [6] M.H. Karaoğlu, M. Doğan, and M. Alkan, Removal of Reactive Blue 221 by Kaolinite from Aqueous Solutions, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 49(4), (2010) 1534–1540.
- [7] M. Faisal, Efisiensi Penyerapan Logam Pb^{2+} dengan Menggunakan Campuran Bentonit Dan Enceng Gondok, Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4, No. 1 (Maret 2015), pp. 20-25.
- [8] Sumanjit, Seema, R.K. Mahajan, and V.K. Gupta, Modification of surface behaviour of *Eichhornia crassipes* using surface active agent: An adsorption study. *J. of Industrial and Engineering Chemistry*, 21, (2015) 189–197.
- [9] S. Yu, L. Zhai, Y. Wang, X. Liu, L. Xu, and L. Cheng, Synthesis of magnetic chrysotile nanotubes for adsorption of Pb(II), Cd(II) and Cr(III) ions from aqueous solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(2), (2015) 752–762.
- [10] S.A. Sadeek, N.A. Negm, H. Hefni, and M.A. Wahab, Metal adsorption by agricultural biosorbents: Adsorption isotherm, kinetic and biosorbents chemical structures. *International Journal of Biological Macromolecules*, 81, (2015) 400–409.
- [11] Suhendrayatna, H. Marlina, M. Zaki, M., and Elvitriana, Uptake of Mercury Ion in a Wetland

Plant, Canna, Proceedings of The 5th Annual International Conference Syiah Kuala University (AIC Unsyiah) 2015 In conjunction with The 8th International Conference of Chemical Engineering on Science and Applications (ChESA), Banda Aceh, 2015, 9–12.

- [12] V.K. Gupta, I. Ali, T.A. Saleh, A. Nayak, and S. Agarwal, Chemical Treatment Technologies for Wastewater Recycling; an overview. RSC Adv., 2(16), (2012) 6380–6388.